

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-193459

(43)公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

C 2 3 C 14/35

C 2 3 C 14/35

Z

H 0 1 L 29/786

H 0 1 L 29/78

6 1 6 K

21/336

6 1 7 J

6 2 7 Z

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-361042

(22)出願日 平成9年(1997)12月26日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 亀山 誠

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 石倉 淳理

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 吉川 俊明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

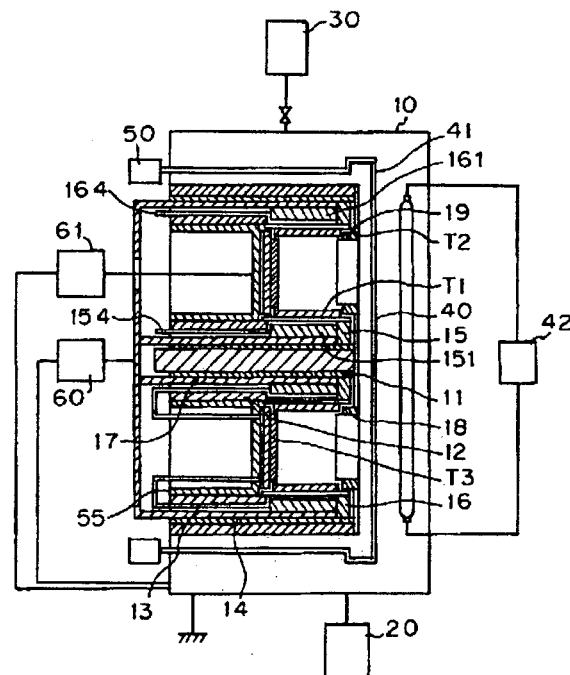
(74)代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54)【発明の名称】 対向マグネトロン複合スパッタ装置および薄膜形成方法

(57)【要約】

【課題】 従来不可能であった周辺部のスパッタ効率を高め、より高速でターゲット利用効率を高めること。ターゲット中心部への磁束の集中がなく、アーク放電の少ない安定したスパッタを長時間持続すること。

【解決手段】 スパッタ面が対向するように配置されたターゲットと、該ターゲットの背面に設けられた前記スパッタ面に垂直な方向に磁界を発生させるための磁界発生手段とを備え、スパッタ面の側方の空間に対向するように配置してある基板上に膜を形成する対向マグネトロン複合スパッタ装置において、一対の対向する第1、第2ターゲットを所定の間隔で対向する同心形状でスパッタ面が外側ターゲットの内面および内側ターゲットの外面で磁界発生手段が内側ターゲットから外側ターゲットへ放射状に発生させる手段を有し、スパッタ面の片側一方の該空間に対向するように無終端形状の第3のターゲットを配置したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のターゲットの無終端の外壁面からなる第1のスバッタ面に、第2のターゲットの無終端の対向壁面からなる第2のスバッタ面が対向するように該第1および第2のターゲットを配設するための対向ターゲット配置手段と、

前記第1のスバッタ面と前記第2のスバッタ面との間の空間に対向して第3のスバッタ面が位置するように第3のターゲットを配置するためのターゲット配置手段と、前記第1のターゲットと前記第2のターゲットと前記第3のターゲットで囲まれた空間の開口に対向して基板を配置するための基板保持部材と、

前記第1および第2のスバッタ面に垂直な方向に磁界を発生させるための磁界発生手段とを有する対向マグネトロン複合スバッタ装置であって、

前記第1および第2のターゲットのスバッタ面に対向放電を形成させるための第1の電力供給手段と、

前記第3のターゲットの前記第3のスバッタ面でマグネトロンを形成させるための前記第1の電力供給手段と独立して電力を供給する第2の電界供給手段とを有することを特徴とする対向マグネトロン複合スバッタ装置。

【請求項2】 前記第1のターゲットは円筒形状である事を特徴とする請求項1記載の対向マグネトロン複合スバッタ装置。

【請求項3】 前記第1のターゲットは角がとれた矩形形状である事を特徴とする請求項1記載の対向マグネトロン複合スバッタ装置。

【請求項4】 前記第1のターゲットは多角形状である事を特徴とする請求項1記載の対向マグネトロン複合スバッタ装置。

【請求項5】 前記第1のターゲットと前記第2のターゲットと前記第3のターゲットとからなるターゲット集合体が少なくとも2組以上配置されている事を特徴とする請求項1記載の対向マグネトロン複合スバッタ装置。

【請求項6】 第1のターゲットの無終端の外壁面からなる第1のスバッタ面に、第2のターゲットの無終端の対向壁面からなる第2のスバッタ面が対向するように該第1および該第2のターゲットを配置し、前記第1のスバッタ面と前記第2のスバッタ面との間の空間に対向して第3のスバッタ面が位置するように第3のスバッタ面を配置し、かつ前記第1のターゲットと前記第2のターゲットと前記第3のターゲットで囲まれた開口に対向して基板を配置し、前記第1および第2のスバッタ面のそれぞれに垂直な方向に磁界をかけた状態で、前記第1および第2のターゲットのスバッタ面に第1の電力供給手段が電力を供給して対向放電を発生させるとともに、前記第3のターゲットの前記第3のスバッタ面に第2の電力供給手段が電力を供給してマグネトロン放電を生じさせて、前記基板上に薄膜を形成することを特徴とする対向放電とマグネトロン放電との複合放電による薄膜形成

方法。

【請求項7】 前記第1のターゲットは円筒形状である事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項8】 前記第1のターゲットは角がとれた矩形形状である事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項9】 前記第1のターゲットは多角形状である事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項10】 前記第1の電力供給手段と前記第2の電力供給手段の少なくともいずれか一方が直流電流を供給する事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項11】 前記第1の電力供給手段と前記第2の電力供給手段の少なくともいずれか一方が交流電流を供給する事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項12】 前記第1の電力供給手段と前記第2の電力供給手段の少なくともいずれか一方が高周波電流を供給する事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項13】 前記第1のターゲットと前記第2のターゲットに供給する交流電界の位相と異なる交流電界の位相を前記第3のターゲットに供給することを特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項14】 前記第1および第2および第3のスバッタ面が同一部材である事を特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項15】 前記部材は金属、半導体、酸化物、窒化物群から選択されるいずれか1つである事を特徴とする請求項14記載の薄膜形成方法。

【請求項16】 半導体装置を構成する薄膜を形成することを特徴とする請求項6記載の薄膜形成方法。

【請求項17】 前記半導体装置は薄膜トランジスタ乃至エレクトロルミネッセンス素子のいずれか1方であることを特徴とする請求項16記載の薄膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一組のターゲットを所定の間隔で対面させ、その片側一側方に配置した基板上に薄膜を形成するようにした対向ターゲット式スバッタ装置および薄膜形成方法に関し、更に詳しくは形成される薄膜の膜厚分布の調整が容易で、均一膜厚の形成が高速で長時間かつ大面積に形成でき、更に、ターゲットの使用効率の向上した対向ターゲット式スバッタ装置対向マグネトロン複合スバッタ装置および薄膜形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の対向ターゲット式スバッタ装置は、「応用物理」第48巻(1979)第6号p588～p559で公知の通り、図8に示すように、陰極となる一対のターゲットt1、t2をそのスバッタ面が空間を隔てて対面するように設けると共に、該スバッタ面に垂直な方向の磁界Hを発生する手段h1、h2を設け、

ターゲット間の空間の側方に配したホルダー6を取り付けた基板5上に薄膜形成をするようにしたスパッタ装置で、高速低温の膜形成ができる優れたものである。

【0003】すなわち、この報告の第8図において、スパッタ面t1s、t2sに垂直な方向に300～500 Oeの磁界Hを発生させれば対向ターゲット間の空間S内に該スパッタ面t1s、t2sから放出された高エネルギーの電子を閉じ込めることができる。

【0004】したがって、この多数の電子が基板5まで到達しなくなるのでイオンを収束する電界が形成されず、スパッタガスのイオン化が促進されてスパッタ速度が高くなり、更に基板5への電子衝突がほとんどないので基板温度は余り上昇しない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した長方形ターゲットを有する対応ターゲット装置でスパッタリングを行う場合は、図9に示すように印加電力の増大と共にターゲットのエロージョン領域がターゲット中央に集中する現象がみられる。これは対向するターゲット間の空間において、高エネルギーの電子は空間内部で多く、反対に空間周辺部では空間外へ拡散するため少なくなるからである。特にターゲットが非磁性体の場合にかかる現象は顕著である。このようなエロージョン領域の集中は膜厚分布に悪影響を及ぼすばかりでなく、スパッタの高速化をはかるために大電力を印加するときのスパークの原因ともなり好ましいものではない。また、ターゲット中央部のエロージョンでターゲット寿命が規定される結果となり、ターゲット利用効率は必ずしも充分なものではない。更に、ターゲットのシールドカバーに工夫を加える方法では、中央部での放電の集中は防止されるものの、周辺部での有効なスパッタを行うことができず、膜厚の分布、ターゲットの利用効率等の点で完全には解決されていない。

【0006】また、長時間スパッタを続けるとエロージョンの進行と共にターゲット表面形状が変化し、磁界分布が変化するために、放電強度が変化し、膜厚分布を悪くするという問題があった。更に電界と磁界が略平行となる領域がターゲット中心部に集中すると供給される電力のパワー集中により異常放電を発生することがある。

【0007】更に、大面積基板における長尺方向の膜厚分布の改善に関しては、ターゲットの長尺方向の長さを基板の有効巾に対して大きくとる対策がとられ、装置形態としては対向ターゲット間の空間Sの側面を基板が通過する方法がとられていた。しかしながら、この方法では、ターゲットの有効利用率や成膜速度が低下しかつ装置が大型になるなどの欠点があり、必ずしも有効な方法とはいえなかった。また、特公平6-43630号公報には、凹形状のターゲット9が、マグネトロン放電を発生させるスパッタリング装置が開示されている。しかしながら該装置は、マグネトロン放電のみによってスパッ

タリングを行うものであり、また発生するプラズマを凹部において十分にとじこめておくことが困難であり、その結果基板を被覆するのに要する時間が長くなる。

【0008】本発明の目的は、ターゲットのエロージョン領域の時間変化を完全に阻止することにより、基板上に形成される成膜速度を高速にかつ膜厚を均一にすると共にスパッタ速度を一定にし、更にターゲットの使用効率を向上させることにある。

【0009】

10 【課題を解決するための手段】上記の目的は、第1のターゲットの無終端の外壁面からなる第1のスパッタ面に、第2のターゲットの無終端の対向壁面からなる第2のスパッタ面が対向するように該第1および第2のターゲットを配設するための対向ターゲット配置手段と、前記第1のスパッタ面と前記第2のスパッタ面との間の空間に対向して第3のスパッタ面が位置するように第3のターゲットを配置するためのターゲット配置手段と、前記第1のターゲットと前記第2のターゲットとの前記第3のターゲットで囲まれた空間の開口に対向して基板を配置するための基板保持部材と、前記第1および第2の

20 スパッタ面に垂直な方向に磁界を発生させるための磁界発生手段とを有する対向マグネトロン複合スパッタ装置であって、前記第1および第2のターゲットのスパッタ面に対向放電を形成させるための第1の電力供給手段と、前記第3のターゲットの前記第3のスパッタ面でマグネトロンを形成させるための前記第1の電力供給手段と独立して電力を供給する第2の電界供給手段とを有することを特徴とする対向マグネトロン複合スパッタ装置を提供することによって達成される。

30 【0010】上記した本発明において、前記第1のターゲットは円筒形状である事が好ましい。

【0011】また、前記第1のターゲットは角がとれた矩形形状である事または多角形状である事が好ましい。

【0012】前記第1のターゲットと前記第2のターゲットと前記第3のターゲットとからなるターゲット集合体が少なくとも2組以上配置されている事が好ましい。

40 【0013】本発明はまた、第1のターゲットの無終端の外壁面からなる第1のスパッタ面に、第2のターゲットの無終端の対向壁面からなる第2のスパッタ面が対向するように該第1および第2のターゲットを配置し、前記第1のスパッタ面と前記第2のスパッタ面との間の空間に対向して第3のスパッタ面が位置するように第3のスパッタ面を配置し、かつ前記第1のターゲットと前記第2のターゲットと前記第3のターゲットで囲まれた開口に対向して基板を配置し、前記第1および第2のスパッタ面のそれぞれに垂直な方向に磁界をかけた状態で、前記第1および第2のターゲットのスパッタ面に第1の電力供給手段が電力を供給して対向放電を発生させるとともに、前記第3のターゲットの前記第3のスパッタ面に第2の電力供給手段が電力を供給してマグネト

ロン放電を生じさせて、前記基板上に薄膜を形成することを特徴とする対向放電とマグネトロン放電との複合放電による薄膜形成方法をも提供するものである。

【0014】上記した本発明において、前記第1のターゲットは円筒形状である事、角がとれた矩形形状である事または多角形状である事が好ましい。

【0015】前記第1の電力供給手段と前記第2の電力供給手段の少なくともいずれか一方が直流電流または交流電流を供給する事が好ましい。更に、前記第1の電力供給手段と前記第2の電力供給手段の少なくともいずれか一方が高周波電流を供給する事が好ましい。

【0016】前記第1のターゲットと前記第2のターゲットに供給する交流電界の位相と異なる交流電界の位相を前記第3のターゲットに供給する事が好ましい。

【0017】前記第1および第2および第3のスバッタ面が同一部材である事が好ましく、前記部材は金属、半導体、酸化物、窒化物群から選択されるいずれか1つである事が好ましい。

【0018】更に、前記半導体装置を構成する薄膜を形成する事が好ましく、前記半導体装置は薄膜トランジスタ乃至エレクトロルミネッセンス素子のいずれか1方である事が好ましい。

【0019】(作用) 上記した本発明によれば、一对の第1、第2のターゲットを対向する無終端形状でスバッタ面が外側ターゲットの内面および内側ターゲットの外面で、磁界発生を内側ターゲットから外側ターゲットに放射状に発生させる手段を設け、スバッタ面開口部の片側一方の空間に対面するように第3のターゲットを配置することにより、前記一对の第1、第2のターゲット中心のどの領域においても電界と磁界が平行となる条件は同一となり、対向放電を閉ループに発生させることができる。また更に、前記リング状の第3のターゲットのスバッタ面に略平行に均一な磁場が形成されることにより、前記第3のターゲットのスバッタ面全域で電界と磁界が略直交することとなり、閉ループの均一なマグネトロン放電を発生させることができる。また、放電によって発生した高エネルギー電子が、第1、第2、第3のターゲットによって囲まれた空間内にとどまり易くなる。その結果、第1、第2、第3のターゲットのスバッタ面の外周部は、いずれも中央部と同程度にスバッタされる。従って、第1、第2、第3のターゲットのいずれも利用効率が向上する。また、ターゲット形状を円筒形状あるいは角のとれた矩形形状にして長辺と短辺方向の長さを最適化することにより、大面積基板上に薄膜を均一形成することが可能となる。

【0020】また、本発明によれば、本発明のスバッタ装置が電力を第1、第2のターゲットと第3のターゲットのそれぞれに電氣的に独立して供給する電力供給手段を有するので、対向放電とマグネトロン放電とを同時に発生させることが出来る。

【0021】更に、前記ターゲットをブロック状に複数組配置することにより成膜速度の向上を図ることができるようになる。

【0022】したがって、従来と比較して大面積基板上の膜厚分布が一層均一になりかつ時間の経過に伴う分布の変化を減少させて膜厚の分布を均一に保つことも可能になる。また、大電力が印加できかつ複数組配置することによりスバッタ速度も速くなり、ターゲットの使用効率も向上する。

【0023】

【発明の実施の形態】(第1の実施の形態) 以下に本発明の詳細を図面により説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係る複合対向ターゲット式スバッタ装置を説明するための装置断面図、図2はそのターゲット部の1具体例を示す正面図である。

【0024】図1において、10は真空チャンバー、20はチャンバー10を排気する真空ポンプなどからなる排気系、30はガス導入系である。そして真空チャンバー10内には、図示のごとく、チャンバー10に絶縁部材11、12、13、14を介して固着されたターゲットホルダー55、15、16が設けられ、該ホルダー15、16には一对の円筒状の第1、第2のターゲットT1、T2が空間を隔てて平行に対面するように配設しており、該ホルダー55には該空間の片側一方(基板が通過する反対側)の開口部を塞ぐようにリング状の第3のターゲットT3が配設してある。ターゲットT1、T2、T3はいずれも互いに接触である。

【0025】この円筒状ターゲットT1、T2の背後には磁界発生手段であるリング状永久磁石151と161がそれぞれ対向して配置してある。ターゲットT1、T2、T3とそれに対応するターゲットホルダー15、16、55には、冷却パイプ154、164を介して冷却水が循環し、ターゲットT1、T2、T3、永久磁石151、161が冷却されるようになっている。

【0026】磁石151、161はターゲットT1、T2に関してN極:S極が対面するように設けてあり、更に一对の円筒状ターゲットT1、T2の空間部分の磁石密度を高めるために、パーマロイや軟鉄などの強磁性体で形成されたコア17や永久磁石151、161によって閉ループが形成されている。なお、18、19は絶縁部材11、12、13、14およびターゲットホルダー15、16の防着板として用いられるシールドカバーであり、一方で陽極としても働く。また、シールドカバー18、19は、真空チャンバー10に接し、アースによって接地されている。

【0027】また、薄膜が形成される長尺の基板40を保持する基板保持手段41は、基板搬送系50により第1、第2のターゲットT1、T2の面に対して直角方向でかつ第3のターゲットT3の面に対して平行方向に保持された状態で、図面の前後方向に往復運動することが

可能であり、したがって基板40もスパッタ面T1、T2に対して直角方向で、T3に対して平行方向に移動可能である。なお、基板40の裏面から温度調節が可能な加熱手段42を有している。

【0028】一方、スパッタ電力を供給する第1、第2の電力供給手段60、61は、互いに電氣的に独立しており、電力供給手段60はターゲットT1、T2を、また電力供給手段61はターゲットT3にそれぞれ電力供給し、それぞれプラス側をアースに、マイナス側をターゲットT1、T2、T3に接続する。また、第1、第2の電力供給手段60、61は、直流電流を供給する電源であり、チャンバー10を介して接地している。よって各放電はターゲットT1、T2、T3とアースであるシールドカバー18、19との間の電位差を利用して発生する。なお、ブリスパッタ時に基板40を保護するため、基板40とターゲットT1、T2との間に出入りするシャッター（図示せず）が設けてある。

【0029】ところで、前述のとおり、第1、第2のターゲットT1、T2の背後には、永久磁石および閉ループを形成するコアからなる磁界発生手段が設けられており、磁束は中央部の磁石からターゲットT1表面を垂直に横切り更に空間部分を通り、外周部に設置されたターゲットT2表面を垂直に横切って外周部磁石に達する。外周部磁石を横切った磁束は、強磁性体で形成されたコア17内部を通り内側の磁石に達し、閉ループを形成させる。このように閉ループを形成させることにより、ターゲットT1、T2表面を垂直に横切ると共に、T3表面近傍を略水平に横切る磁場を形成させることができる。更に、ターゲットT1、T2、T3を円筒状の無終端形状にすることにより、ターゲットのどの位置においても同様な磁場を形成することができる。

【0030】したがって、Arなどのガスを導入して電力を印加すると、ターゲットT1、T2表面に垂直の電界が形成される。このように、磁界と電界が平行に形成されると、電子は磁界を取り巻くように回転してガス分子と衝突してイオン化されプラズマが発生する。ターゲットT1、T2には直流電源から負の電圧が印加されているので、イオン化されたガス分子はターゲットT1、T2に加速しながら引き寄せられ、ターゲットに衝突しターゲット材料をはじき出す対向スパッタが生じ、同時にターゲットT3にも直流電源から負の電圧が印加され電界と磁界が略直交することで、電子はT3上をマグネトロン運動してマグネトロンスパッタが生じる。このとき、前記したようにターゲットT1、T2は円筒状の形状で電界と磁界がターゲットT1、T2表面に垂直でかつ放射状に形成されるため、今までの対向スパッタと異なり、ターゲット中央部にエロージョン領域が集中することなくリングターゲット全域において対向スパッタが起こり、ターゲットの有効利用効率を向上することができる。

【0031】次に対向放電とマグネトロン放電の特性の違いを説明する。第7図は本発明のスパッタ装置を用いて直流電流を第1の電力供給手段60が一对のターゲットT1、T2のみに供給した場合と、第2の電力供給手段がターゲットT3のみに電力を供給した場合のそれぞれの電圧—電流曲線（V—i曲線）を示したグラフである。

【0032】対向放電は、電圧値が電流値の増加に伴い増加する。これに対してマグネトロン放電は、電流値が増加しても電圧値がわずかにしか増加しない。また、マグネトロン放電は、電流値の増加に対する電圧値の増加が対向放電のそれよりも小さく、また或一定の電流値以上の電流を供給しても電圧値は増加しなくなるという現象が現れる。これはマグネトロン放電における電流値と電圧値との関係が供給されるガスの量によって制限されるためであり、電流を過剰に供給しても電圧値は限界を示す。このように対向放電とマグネトロン放電の両放電の特性の違いは、それぞれのV—i曲線を見ることで知ることが出来る。

【0033】このときターゲットT1、T2の間の対向放電に寄与する最大磁束密度とターゲットT3近傍でターゲットT3表面に平行なマグネトロン放電に寄与する最大磁束密度とが等しい。またマグネトロン放電の方が対向放電よりもインピーダンスが低い。また本発明のスパッタ装置によって対向放電は800～1000Vの範囲で発生する。またマグネトロン放電は400～600Vの範囲で発生する。これはマグネトロン放電が対向放電よりも低いインピーダンスの状態が発生することを示す。

【0034】このようにマグネトロン放電が対向放電より低インピーダンス下で発生するため、たとえば対向放電とマグネトロン放電とに供給する電力を電氣的に独立していない状態で供給すると、対向放電を発生させるために供給される電力の多くがマグネトロン放電を発生させるための電力として消費される。

【0035】供給する電力を有効に利用するために本発明のスパッタ装置は、電氣的に独立した第1、第2の電力供給手段60、61を設け、それぞれが第1、第2のターゲットT1、T2と第3のターゲットT3とに電力を供給する。その結果対向放電とマグネトロン放電の両放電をスパッタに必要な程度に発生させることが出来、且つ両放電を制御する事が出来る。

【0036】また、本発明では、ターゲットT1、T2、T3によって囲まれた空間内でプラズマが発生するのでターゲット中心部のエロージョン、つまりターゲットの形状の変化やプラズマの閉じ込め効率アップに伴い高効率で大電力を投入することが出来たり、あるいはターゲットと基板間の距離を近づけることが可能となり、基板の成膜速度を速めることが可能となる。

【0037】また、本発明によれば、前記したようにブ

ラズマの閉じ込め効率アップによるターゲットと基板間の距離を近づけた成膜が可能となることで、基板のどの微小領域においても膜厚の構成比は、スパッタ面のうち基板近傍から飛来するスパッタ粒子とスパッタ面のうち基板から遠く離れた部分から飛来するスパッタ粒子の構成比において、前者を増加させることができる。したがってスパッタ条件を変更したりターゲットの材質をかえてもスパッタ粒子がスパッタ面から放出される際の放出角度に大きな違いが生じず膜厚分布の均一な薄膜を基板上に成膜することができる。

【0038】更に、マグネトロン放電単独では放電を維持することが不可能な低真空領域においても、プラズマの閉じ込め効率アップによりスパッタが可能となり、スパッタガスなどの不純物混入の少ない良質の膜形成が可能となる。なお、ターゲットT1とT2はスパッタされる面積が異なるので、ターゲット寿命を同じにするためには面積の小さい内側のターゲットT1の厚さをT2より厚くした方が好ましい。

【0039】また、本発明の第1のターゲットの形状は発生する電界の密度分布が不均一にならないようにその形状を決定する事が好ましく、具体的には無終端形状にすることが好ましい。また無終端形状の具体例として上述した円筒形状のほか、図3に示すように長辺と短辺との長さを異ならしめ、且つ角が取れた矩形形状としてもよい。

【0040】また第1、第2のターゲットT1、T2および第3ターゲットT3を図3に示すように角のとれた矩形形状にしてターゲットT1の長尺方向を基板搬送方向と垂直方向のサイズに対して最適化することが好ましい。また複数の複合対向ターゲットを基板搬送方向に対して並べたり、あるいは複数の円筒形状の複合対向ターゲットを基板中心部に比べ周辺部により多く配置することによって、均一な薄膜を大面積にわたって作成することができる。

【0041】また或いは第1のターゲットを無終端の多角形状として、第1のターゲットにあわせて第2、第3のターゲットも無終端の多角形状としてもよい。

【0042】また本発明は電力供給手段60が図1に示すように、一対のターゲットT1、T2の両方に電力を供給する形態のほか、電力供給手段60を2つ設けて（不図示）一方の電力供給手段60がターゲットT1のみへ電力を供給し、ターゲットT1のみに供給される電力とは電気的に独立している他方の電力供給手段60がT2のみへ電力を提供する形態であってもよい。

【0043】また、本発明に用いられるターゲットT1、T2、T3は、いずれも同一部材である事が好ましい。このとき使用されるターゲットとして、アルミニウム、チタン、タングステン、クロム、銅、モリブデン、白金、タンタル等の単一材料からなる金属や、アルミニウムとシリコンと銅から構成される合金や、ボロンや燐

がドーブされたシリコン等の半導体、或いは希土類金属、或いはITO、酸化シリコン、酸化アルミニウム等の酸化物、或いは窒化アルミニウム、窒化チタン、窒化タングステン、窒化シリコン等を含む窒化物等を用いることが好ましい。

【0044】また、本発明の対向マグネトロン複合スパッタ装置を用いて形成される薄膜は、半導体装置を構成する半導体薄膜、または絶縁体薄膜もしくは導電性薄膜として用いることが好ましい。また、半導体装置は、薄膜トランジスタ、エレクトロルミネッセンス素子等として用いることが出来る。また、本発明の薄膜を有した薄膜トランジスタを用いて太陽電池等の光電変換素子を作成することも好ましい。

【0045】（第2の実施の形態）第2の実施の形態は図4に示すように、電力供給手段60がターゲットT1、T2に交流電界を供給し、また電力供給手段60と電気的に独立している電力供給手段61がターゲットT3に交流電界を供給する形態である。このとき電力供給手段60、61は供給する交流電界の位相を整合させるために位相変換装置70によって接続される。位相変換装置は一対のターゲットT1、T2とターゲットT3のそれぞれに供給される交流電界の位相を任意に制御することができ、例えばターゲットT3に供給される交流電界の位相を一対のターゲットT1、T2に供給される交流電界の位相に対して180度ずらすことが出来る。このようにそれぞれの交流電界の位相を180度ずらすことで、T3をT1、T2に対して逆極の電極に保つことが出来る。その結果、一対の第1、第2のターゲットとリング状の第3のターゲットにそれぞれ位相が異なるように交流電界を印加しスパッタすることにより、ターゲットがカソードとアノードに交互に切り替わることとなり、局部的にたまる余分なチャージを互いにキャンセルし合うことで直流電界を供給した場合に発生する可能性があるアーク放電を防止する効果があり、長時間安定な放電を持続することが可能となる。

【0046】またその他については第1の実施の形態で示したことと同様である。

【0047】また本発明は一方の電力供給手段が直流電力を供給し、他方の電力供給手段が交流電力を供給してもよい。この場合、直流電界を供給するターゲット側で直流電界が交流電界によって干渉され異状をきたすことを防ぐために不図示の制御回路を設けてアーク放電が発生することを防ぐことが好ましい。

【0048】（第3の実施の形態）第3の実施の形態は、図5に示すように電力供給手段60、61が高周波（13.56MHz）のRF（Radio frequency）供給手段であり、RF供給手段と接続するターゲットとの間にインピーダンスを整合させるための不図示のマッチングボックス80を設けることが好ましい。またその他については第2の実施の形態と同様であ

る。

【0049】また本発明は、電力供給手段60、61の一方がRF供給手段であり、他方の電力供給手段が供給する電力が自由に交流或いは直流を選択して供給することも出来る。

【0050】また本実施の形態では特に絶縁体を一對のターゲットT1、T2として使用することが出来る。

【0051】（第4の実施の形態）第4の実施の形態は、薄膜形成工程を少なくとも2以上の多段階の工程によって行うことを特徴とする。このとき薄膜形成工程は工程の前半で大まかに薄膜形成を行い、工程の後半、つまり薄膜形成工程終了段階で仕上げの薄膜形成工程を行い、一連の薄膜形成工程を完了させる実施の形態である。また、その他の点については第1乃至第3の実施の形態と同じである。

【0052】また本発明は対向放電とマグネトロン放電をそれぞれ独立させて発生させる事が出来るので、対向放電とマグネトロン放電の両方を同時に用いて成膜する工程の後に成膜が更に必要な箇所をマグネトロン放電のみによって成膜する工程を続けてもよい。

【0053】或いは薄膜形成工程前半として対向放電のみによるスパッタによって基板に薄膜を大まかに形成させ、次いで薄膜形成工程後半としてマグネトロン放電によるスパッタによって前記大まかに形成された薄膜表面上に極薄い膜を堆積させる。或いは工程前半にマグネトロン放電によるスパッタを行い、工程後半で対向放電によるスパッタを行ってもよい。

【0054】なお第4の実施の形態において電力供給手段60、61がターゲットT1、T2、T3に供給する電界は、いずれも直流電界でもよいし交流電界でもよいし或いはいずれか一方のみが直流電界でもよい。

【0055】以下、上述の点を具体的に説明する。

【0056】実施例1

図1ないし図3に示す本発明の対向ターゲットスパッタ装置を用い第1の実施の形態で説明したスパッタ装置を用いて成膜実験を行った。まず、基板40には厚さ1.1mmで300mm×300mmサイズの青板ガラス基板を用い、ターゲットT1、T2、T3にはターゲット材料として99.99%の純度の銅(Cu)を用い、基板の搬送方向に対して直角方向に小判形状の長尺方向が向くようにして配置し、外側ターゲットT2の長尺方向の内径を320mmとし、厚みは6mmのものをを用いた。また、T2ターゲットには厚さ12mmのものをを用い、T3ターゲットには厚さ6mmのものをを用いた。T1、T2円筒状ターゲットの高さはそれぞれ100mmとし、内側ターゲットT1と外側ターゲットT2とのスパッタ面の間隔距離は60mmとした。また、そのときのT1スパッタ面からT2スパッタ面に略垂直方向に向かう磁界の強度は4000eであった。

【0057】スパッタリングの主な条件としては、Ar

ガス圧力を 3×10^{-3} Torrとし、ターゲット端部から基板までの距離を30mmとした。(ターゲット端部から基板面までの距離を10mmより短くすると、熱・電子・イオンなどによるプラズマダメージが無視できない領域となり、一方、60mmを越える距離にすると膜が基板以外の壁面や搬送駆動系などに付着し、コンタミおよびパーティクルの発生要因となる。したがって、基板とターゲット端部との間隔は10mmから60mmの範囲が好ましい。)。また、基板の搬送スピードは210mm/分とし、第1、第2の電力供給手段60、61によって第1、第2のターゲットT1、T2にスパッタ投入電力として8kWの直流電界を、そして第3のターゲットT3に4kWの直流電界を印加した。

【0058】以上のようにして銅からなる薄膜をガラス基板上にスパッタ成膜した、この条件で成膜される銅膜の厚みは約1μmであり、300mm□基板内での膜厚分布を測定したところ、図4に示すように基板全域で±10%以内の誤差に納まる良好な結果を得た。

【0059】比較例1

20 上記実施例の比較として図6に示した従来の対向ターゲットスパッタ装置を用いて同様な成膜実験を行った。対向するターゲットt1、t2にターゲット材料として99.99%の純度の銅(Cu)からなる厚さ6mmで320mm×100mmの長方形ターゲットを用い、基板の搬送方向と直角方向にターゲットの長尺方向が向くようにし、長尺面側を基板が通過するようにした。また、ターゲット間距離は100mmとし、またそのときのt1スパッタ面からt2スパッタ面に略垂直方向に向かう磁界の強度は実施例1と同様に4000eとした。スパッタリングの主な条件としては、Arガス圧力を 3×10^{-3} Torrとし、ターゲット端部から基板までの距離を30mmとした。また、基板の搬送スピードは150mm/分とし、t1、t2にスパッタ投入電力として8kWの直流電界を印加した。

【0060】以上のようにして銅からなる薄膜をガラス基板上に従来の方法でスパッタ成膜した。この条件で成膜される銅膜の厚みは搬送方向に対して均一であった。しかしながら搬送方向と垂直な方向では周辺部が薄いことがわかった。図4に示すように、銅膜の厚みは300mm□基板の中心で約1μmであり、300mm□基板内での膜厚分布を測定したところ、図4に示すように±10%の膜厚分布領域は基板幅300mmに対し約半分の150mm程度であった。

【0061】実施例2

次に1.1mm厚で300mm□のガラス基板に液晶カラーフィルターを作成するために用いられる熱硬化性樹脂である三洋化成製の平坦化膜LC2040を1μmスピンコートし、ポストベークを行った後、実施例1および比較例1と同様にして、ターゲット材質のみを銅からAlSiCu合金材に変更して従来の対向ターゲットス

パッタ装置および本発明の対向ターゲットスパッタ装置をそれぞれ用いてターゲットの端部から基板までの距離を30mmと前記例と同様にして、AlSiCu合金膜を形成する実験を行った。その際、基板の裏側にWahl社製の色変化による温度測定器であるテンプ・プレートを貼り、基板の上昇温度測定を行った。

【0062】その結果、本発明の対向ターゲットスパッタ装置で成膜を行った場合は、1枚目から100枚目までの基板温度は110℃～121℃の範囲で安定し、膜面に特に異常は観られなかったのに対し、従来の対向ターゲットスパッタ装置で成膜したものは、1枚目から100枚目までに115℃～171℃まで上昇し、枚数を重ねるにつれ上昇する傾向にあった。

【0063】更に、90枚目以降の基板には平坦化膜LC2040の熱ダメージと観られるシワが、膜面に発生した。

【0064】実施例3

次にターゲットT1、T2およびT3にそれぞれ透明導電膜材料であるITOの焼結体（充填率95%）を用い、第2の実施の形態で説明したスパッタ装置を用い、上記実施例1と同様にして成膜実験を行った。主なスパッタリング条件として、Arガスに1.5%の酸素ガスを混合し、スパッタ圧力を 3×10^{-2} Torrとし、T1、T2とT3との位相が180度ずれるように40kHzの交流電界を印加しスパッタを行った。その際、ランドマークテクノロジー社製のマイクロアークモニターを設置し、アーク放電回数を測定した。その結果、10時間連続成膜した場合のアーク回数は3回であった。

【0065】これはT1、T2とT3とがアノードとカソードとに交互になるためアーク放電を発生させるチャージがキャンセルされるためと考えられる。

【0066】この実験からわかるように、T1、T2とT3との位相がずれるように交流電界を印加することで、アーク放電の発生回数が極めて少ない安定したスパッタを行うことができる。

【0067】実施例4

本発明の複合対向ターゲット式スパッタ装置を用いて、ターゲットT1、T2、T3を、使用限界（どこか一カ所穴が開く直前）まで使用し、また、比較例で用いたターゲットt1、t2を使用限界まで使用し、それぞれの重さを測定し、利用効率〔（使用前重量－使用後重量）／使用前重量〕を測定した結果、従来の対向スパッタによるターゲット利用効率は約20%であった。それに対し、本発明によるターゲットの利用効率は約43%であった。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は以下に述

べる効果を有する。

【0069】（1）従来の対向スパッタの長所を取り入れ、高速低温スパッタが行えるのに加え、従来スパッタでは不可能であった周辺部を効率よくスパッタすることができるため、より高速でターゲット利用効率の高いスパッタが行える。

【0070】（2）ターゲット中心部への磁束の集中を迎え、ターゲットの利用効率を高めることができる。

【0071】（3）量産化が容易に行える。

10 【0072】（4）膜厚分布が良好な部分が広範囲に設定でき、かつ経時変化を少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す複合対向ターゲットスパッタ装置の断面図

【図2】本発明の複合対向ターゲットの正面図

【図3】本発明の複合対向ターゲットの別の構成をあらわす正面図

【図4】本発明の第2の実施の形態で示す複合対向ターゲットスパッタ装置の断面図

20 【図5】本発明の第3の実施の形態で示す複合対向ターゲットスパッタ装置の断面図

【図6】膜厚分布を示すグラフ

【図7】対向放電とマグネトロン放電のそれぞれのV-i曲線をあらわすグラフ

【図8】従来の対向ターゲットスパッタ装置を説明するための図

【図9】従来の対向ターゲットスパッタ装置を用いた場合のターゲット使用後のエロージョンを示す図

【符号の説明】

10 真空チャンバー

20 真空排気系

11, 12, 13, 14 絶縁部材

55, 15, 16 ターゲットホルダー

T1, T2, T3, t1, t2 ターゲット

17 閉磁路形成用コア

18, 19 シールドカバー

30 ガス導入系

5, 40 基板

6, 41 基板保持手段

40 42 基板加熱手段

50 基板搬送系

60 第1の電力供給手段

61 第2の電力供給手段

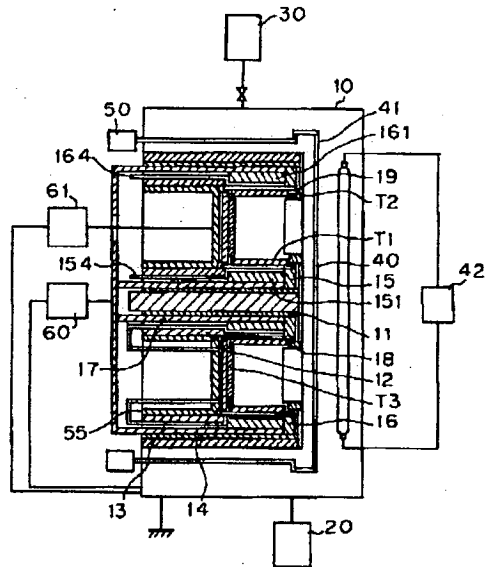
151, 161 永久磁石

154, 164 冷却パイプ

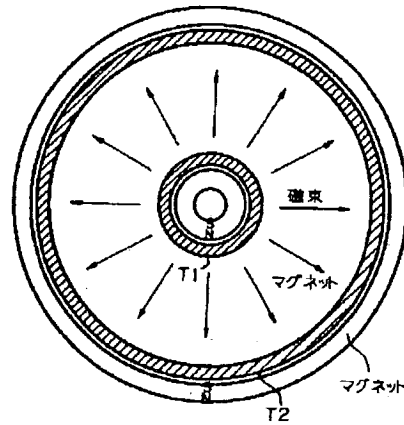
70 移相変換装置

80 マッチングボックス

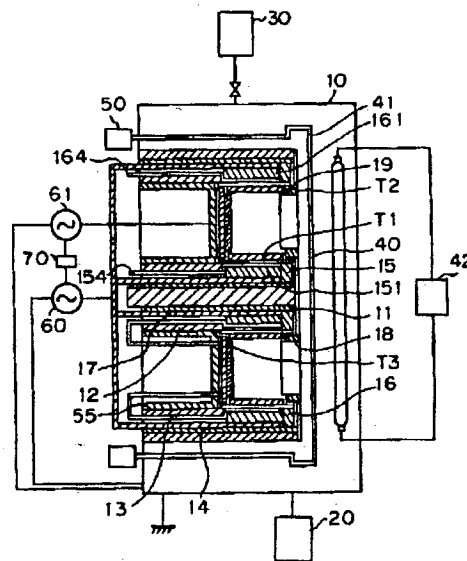
【図1】



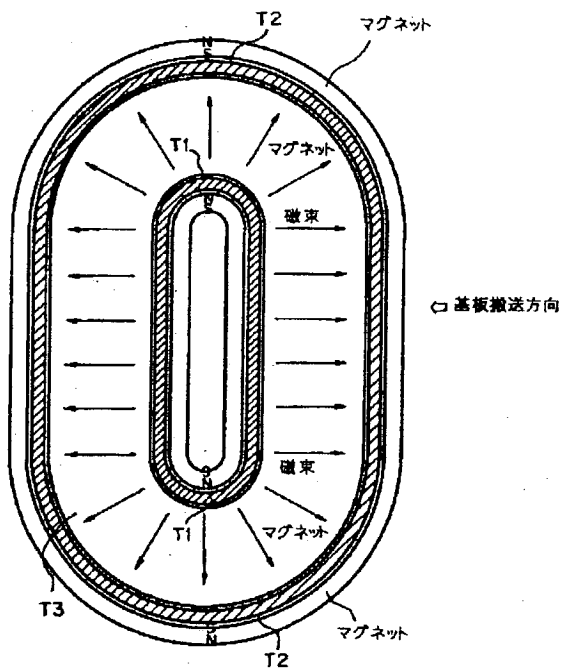
【図2】



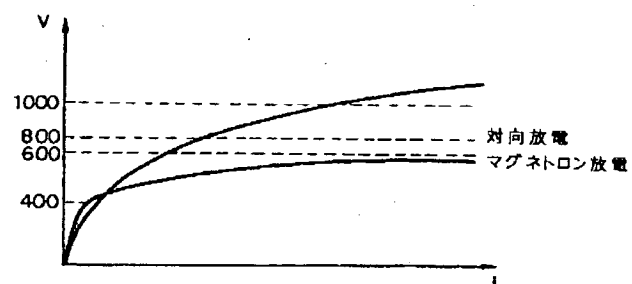
【図4】



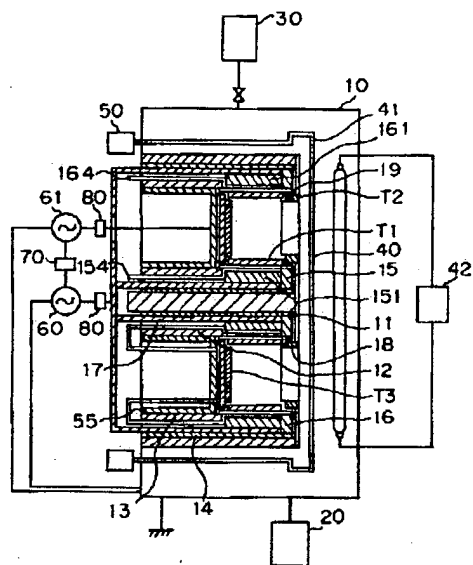
【図3】



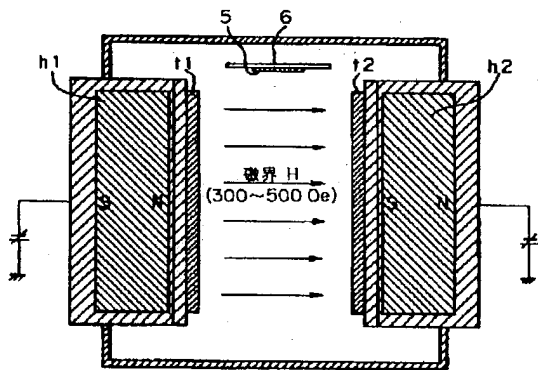
【図7】



【図5】

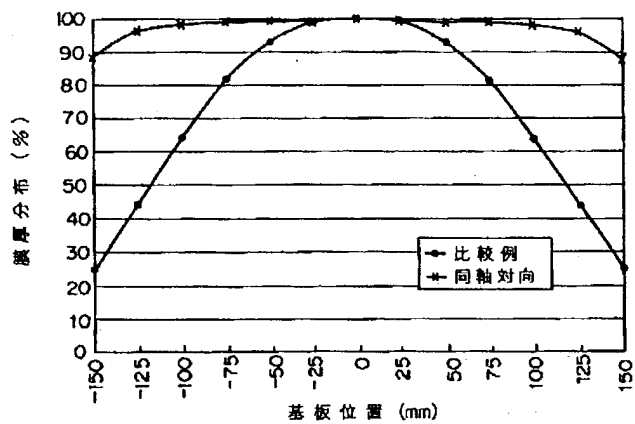


【図8】



【図6】

膜厚分布比較



【図9】

